

COMPORTAMIENTO DE DOS HIBRIDOS DE GIRASOL A BAJAS DENSIDADES DE SIEMBRA *

F. J. Cardinali (1), G. A. Orioli (1) y V. R. Pereyra (2)

Recibido: 19/9/84

Aceptado: 12/8/85

RESUMEN

Densidades de 10, 20, 30, 40 y 50 mil plantas por ha^{-1} , fueron probadas sobre los cultivares de girasol (*Helianthus annuus*, L.) Dekalb G-98 y Cargill Super 500, en parcelas ubicadas en el campo de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Balcarce, durante las campañas agrícolas 1980/81 y 1981/82.

Los rendimientos económicos y biológicos por unidad de superficie se incrementaron rápidamente a medida que aumentó la densidad, alcanzándose los máximos rendimientos con alrededor de 20 mil y 30 mil plantas por ha^{-1} para los híbridos de ciclo largo y corto, respectivamente. A partir de estos niveles a un aumento de densidad, le correspondió una disminución proporcional del rendimiento por planta, determinando una constante en los rendimientos por unidad de superficie.

La eficiencia de la planta expresada como índice de cosecha y relación peso semilla/peso capítulo, no tuvo diferencias entre tratamientos, ni entre cultivares, lo que mostraría la capacidad de adaptación de la especie ante distintos niveles de competencia intraespecífica.

El área foliar por planta disminuyó al aumentar la densidad, en tanto que el índice de área foliar aumentó, tendiendo a su estabilización a las mayores densidades.

El peso de 1.000 semillas y el número de semillas por capítulo disminuyeron al aumentar la densidad, explicando la estabilización mencionada de los rendimientos por unidad de superficie en ambos cultivares.

Los distintos tratamientos no tuvieron efecto significativo en el contenido de aceite de los achenios.

EFFECT OF PLANT DENSITIES IN TWO SUNFLOWER HYBRIDS

SUMMARY

Densities of 10, 20, 30, 40 and 50 thousand plant ha^{-1} were tested on sunflower (*Helianthus annuus*, L.) cultivars Dekalb G-98 and Cargill Super 500, on plots located at the Agricultural Experimental Station, INTA, Balcarce, Argentina, during the 1980/81 and 1981/82 seasons.

Economic and biological yield per unit area increased with plant density. Maximum yield were obtained at 20.000 and 30.000 plant ha^{-1} for long and short-cycle hybrids, respectively.

Plant efficiency expressed as harvest index and (seed weight head weight $^{-1}$), did not differ among treatments and cultivars. This would show adaptative capacity of this species.

Leaf area per plant diminished with plant densities increments, while leaf area index augmented, tending to stabilize at high densities. Weight of 1.000 seeds and seed number per head decreased with density increments, explaining the stabilisation mentioned previously of the yield per unit area in both cultivars.

As expected, seed oil content did not differ among treatments for neither of the hybrids studied.

* Contribución N° 34 del Departamento de Agronomía.

1) Facultad de Ciencias Agrarias, U. N. M. P., C. C. 276 - (7620) Balcarce, Buenos Aires.

2) E. E. A. Balcarce del INTA, C.C. 276 - (7620) Balcarce, Buenos Aires.

INTRODUCCION

Actualmente, las técnicas de producción que incluyen un adecuado manejo del cultivo acorde con el elevado potencial genético de los híbridos utilizados, deben considerar además, un ajuste preciso de las densidades a utilizar.

Los distintos niveles de densidad de un cultivo determinan directamente el espacio disponible para cada planta y en consecuencia los recursos esenciales existentes en el espacio aéreo y subterráneo (Harper, 1977). En efecto, la cercanía entre plantas produce modificaciones en el ambiente del cultivo que alteran el tamaño y la forma de la planta. Sin embargo, la planta de girasol posee una gran capacidad de adaptación a las distintas condiciones ambientales, observándose una gran amplitud en el rango de densidades dentro del cual los rendimientos por unidad de superficie se mantienen relativamente constantes (El Baradi, 1973; Thompson y Fenton, 1979; Cardinali *et al.*, 1980).

Sin embargo, los antecedentes consultados no indican desde que densidad mínima la planta de girasol es capaz de realizar esta compensación.

El objetivo del presente trabajo es el de estudiar el comportamiento de dos híbridos de girasol a bajas densidades de siembra y determinar el nivel mínimo de densidad de plantas necesario para lograr el máximo rendimiento.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, ubicado a 58° 18' S y a 37° 45' W, durante las campañas agrícolas 1980/81 y 1981/82. Los cultivares utilizados fueron: Dekalb G-98 y Cargill Super 500, híbridos comerciales de ciclo corto y largo, respecti-

vamente. El diseño fue en bloques al azar con cuatro repeticiones, con parcelas de cinco surcos de 8, 10 metros de largo para cada año y cultivar. La distancia entre surcos fue de 0,5 metros para todos los tratamientos, variando la distancia entre plantas para lograr las densidades de 10, 20, 30, 40 y 50 plantas por ha⁻¹. La siembra se realizó a golpes depositando varias semillas. Al estado de dos hojas verdaderas se raleó hasta la densidad deseada.

El suelo fue un Argiudol típico con tosca a 0,8 metros de profundidad. Ambas campañas tuvieron un adecuado nivel de humedad según lo expresa el balance seriado de Thornthwaite presentado en el Cuadro 1. Se realizó un severo control de malezas con tratamientos químicos y mecánicos.

CUADRO 1: Exceso, equilibrio o déficit de agua expresado en milímetros, en el suelo utilizado para los ensayos y según el balance seriado de Thornthwaite.

	1980-81	1981-82
Octubre	- 1	0
Noviembre	0	- 3
Diciembre	0	31
Enero	89	- 10
Febrero	0	0
Marzo	- 4	0

En plena floración se midió área foliar en cada tratamiento sobre la base de la relación existente entre el ancho máximo de la hoja y la superficie (Pereyra *et al.*, 1982). Posteriormente se calculó el área foliar por planta y el índice de área foliar (IAF). A fin de floración los capítulos del surco central de cada parcela fueron cubiertos con bolsas de red plástica para evitar el daño de pájaros. En madurez fisiológica se determinó sobre cinco plantas del surco central de cada parcela, la producción de materia seca total por planta (excluida la raíz) y su partición, pesando por separado tallo, hojas y capítulo, previamente secados en estufa a 80°C hasta

peso constante. Cada capítulo fue desgranado individualmente y las semillas fueron limpiadas usando una pequeña máquina con zarandas y ventilador. Se determinó el peso de 1.000 semillas, peso y número de semillas por capítulo y se calculó el peso de semillas por unidad de superficie (kg ha^{-1}). Las semillas provenientes de cada parcela fueron analizadas por el método de resonancia magnética nuclear para determinar su contenido de aceite.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se puede ver que tanto las plantas de cultivares de ciclo corto como las de ciclo largo aumentan con la densidad su rendimiento biológico (R_b) y su rendimiento económico (R_e) por unidad de superficie. Tanto uno como otro parámetro se hacen constantes a partir de las 20-30 mil plantas por hectárea siguiendo una relación típi-

camente asintótica. Coincidentemente con las bibliografía (Donald, 1963; Arnon, 1972) se observa una clara interdependencia entre R_b y R_e . En efecto, a un aumento de R_b por unidad de superficie, corresponde un equivalente en el R_e , aumentos que se suceden hasta llegar a un máximo el cual se mantiene hasta la mayor densidad probada. Esta interdependencia determina una amplia meseta de valores equivalentes de R_b y R_e , y una muy pequeña variación en el índice de cosecha (IC) (Cuadro 2). De tal manera el rendimiento biológico se hace independiente de la densidad (Harper, 1977), lo que se explica asumiendo que la estabilización de la biomasa total es producto de la limitación de disponibilidad de recursos.

El análisis del R_e destaca el mejor comportamiento del híbrido de ciclo largo sobre el de ciclo corto a bajas densidades, mientras que el cultivar de ciclo corto se comporta mejor a las densidades mayores.

En los datos presentados en el Cuadro 2 se ve que el R_b por planta disminuye a medi-

CUADRO 2: Valores de distintos parámetros correspondientes a distintas poblaciones del cultivar ciclo corto G-98 y del cultivar ciclo largo Super-500. N. D. E. = nivel de diferencia estadística y S. D. = sin diferencia estadística significativa (Test de Tuckey al 0,05).

Tratamiento plantas ha -1	I. C.	Aqueño	Rendimiento biológico		Rendimiento económico		Materia grasa %
		Capítulo	g plantas-1	kg ha-1	g plantas-1	kg ha-1	
Ciclo Corto							
10.000	26,6	0,67	620,4	6.204	165,0	1.650	43,4
20.000	26,4	0,66	450,1	9.002	118,9	2.378	43,7
30.000	26,3	0,65	373,0	11.190	98,1	2.943	43,5
40.000	26,3	0,66	286,9	11.476	75,5	3.020	43,2
50.000	26,0	0,66	233,2	11.660	60,7	3.035	43,8
n. d. e.	s. d.	s. d.	112,4	3.083	28,8	746	s. d.
Ciclo Largo							
10.000	24,4	0,66	792,4	7.924	193,1	1.931	41,7
20.000	24,4	0,67	539,7	10.794	131,5	2.630	41,5
30.000	23,8	0,68	392,6	11.778	93,8	2.815	41,8
40.000	23,0	0,65	308,7	12.348	70,9	2.836	42,0
50.000	23,0	0,66	245,1	12.255	56,4	2.820	41,3
n. d. e.	s. d.	s. d.	103,1	2.761	25,4	696	s. d.

da que aumenta la densidad pues sus componentes (tallo, hojas, receptáculo y semillas) disminuyen aunque mantienen una proporción constantes (Figura 1). Esto es una prueba de la plasticidad de la planta de girasol.

No se observan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en el I.C., coincidentemente con lo observado por Vijayalakshmi *et al.* (1975) y Pereyra *et al.* (1977), ni en la relación peso semilla/peso capítulo (PS/PC) de cada cultivar (Cuadro 2).

Los distintos niveles de densidad para cada cultivar no tienen efecto estadísticamente significativo en el porcentaje de aceite

contenido en los aquenios (Cuadro 2), coincidente con lo observado por Alessi *et al.* (1977), Jessop (1977), Miller y Fick (1978) y Thompson y Fanton (1979). El adecuado nivel de humedad durante el desarrollo de la semilla impidió detectar diferencias aún a las mayores densidades probadas. En efecto, la escasez de agua produce los déficits más notables en las mayores densidades, y cuando ocurre durante la etapa de llenado de grano se afecta sensiblemente la acumulación de aceite (Alessi *et al.*, 1977; Thompson y Fenton, 1979).

Cuando los datos de Re son analizados

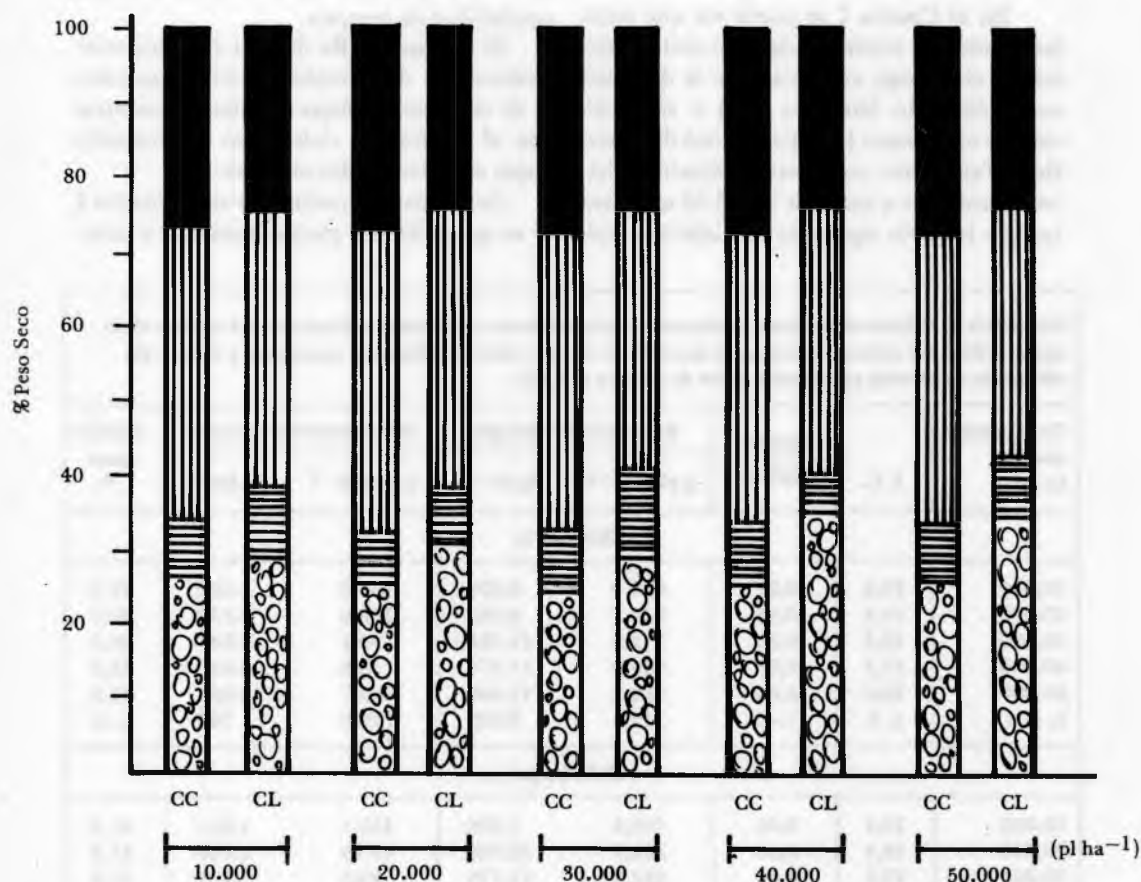


Figura 1: Rendimiento biológico total, en por ciento, y sus componentes a distintas densidades para los cultivares G-98 (CC: ciclo corto) y Super 500 (CL: ciclo largo). Barra en negro = semillas; barra líneas verticales = capítulo; barra líneas horizontales = hojas; barra con círculos = tallo.

utilizando la ecuación recíproca de Shinozaki and Kira (1956) que describe tanto las porciones horizontales como las inclinadas de la relación asintótica entre **Re** y densidad, se ve que en los dos cultivares no solo se mantiene una relación lineal (Figura 2) con un r^2 muy cercano a uno, sino que son similares entre sí.

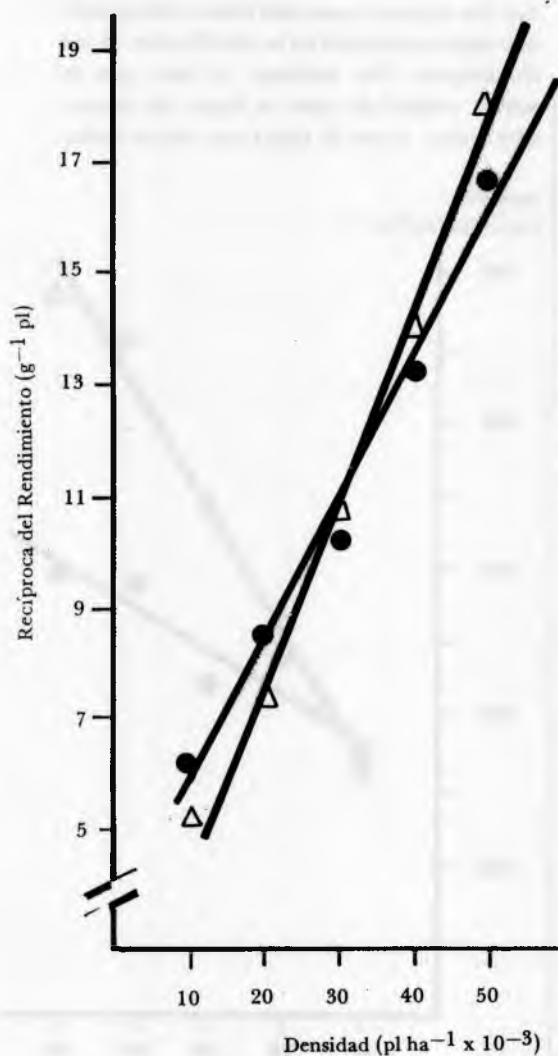


Figura 2: Datos de rendimiento analizados según la ecuación recíproca ($w^{-1} = Ad + B$) Shinozaki and Kira (1956). ●—● = ciclo corto; $y = 3,176 + (2,566 \times 10^{-4}) x$; $r^2 = 0,9877$, y ▼—▼ = ciclo largo, $y = 1,609 + (3,155 \times 10^{-4}) x$; $r^2 = 0,9949$.

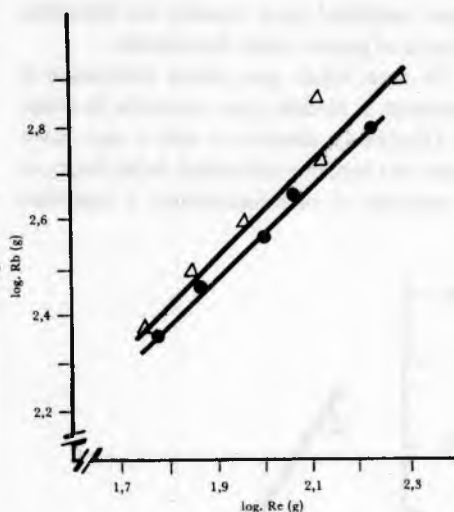


Figura 3: Datos de **Rb** y **Re** analizados según la ecuación ($\text{Log. Rb} = \text{log. K} + \alpha \text{ log. Re}$) de Kira *et al.* (1956) ●—● = ciclo corto, $y = 0,6182 + (0,9805) x$; $r^2 = 0,9999$, y ▼—▼ = ciclo largo; $y = 0,7344 + (0,9457) x$; $r^2 = 0,996$.

Esta similaridad se ve más acentuada cuando se comparan **Rb** y **Re** (Figura 3) según la ecuación de Kira *et al.* (1956):

$$\text{log. Rb} = \text{log. K} + \alpha \text{ log. Re}$$

donde " α " y **K** son constantes. En efecto no sólo se ve que los r^2 son muy cercanos a uno, sino que los resultados muestran una ventaja para las plantas de ciclo corto en cuanto a que con menor **Rb** producen más **Re**, es decir que tienen un **IC** mayor (Cuadro 2).

En la ecuación de Kira *et al.* (1956) la constante es sólo levemente menor a uno lo que indica que **Re** es una proporción constante de **Rb**. Es decir que se corrobora la constancia del **IC** según se observa en la Figura 1 y Cuadro 2. En este sentido Fery y Janick (1971) sostienen que puede ser usado como un criterio de selección creando culti-

vares no sólo con alta eficiencia fotosintética sino con un mayor que uno, es decir con una mayor habilidad para repartir los fotosintatos hacia el grano a altas densidades.

El área foliar por planta disminuye linealmente a medida que aumenta la densidad (Figura 4), debido no sólo a una disminución del tamaño individual de las hojas, sino también al marchitamiento y posterior

abscisión de las mismas. Este fenómeno se produce a alturas de la planta cada vez más elevados, pues más hojas estarán por debajo del punto de compensación a medida que aumenta la densidad (Cardinali *et al.*, 1980).

Los valores de área foliar específica (Figura 5) indican claramente que al aumentar la densidad y por lo tanto el sombreado mutuo, las hojas se hacen más finas evidenciando una mejor economía en la distribución de los fotosintatos. Sin embargo, si bien para la misma unidad de peso se logra una mayor área foliar, y por lo tanto una mayor inter-

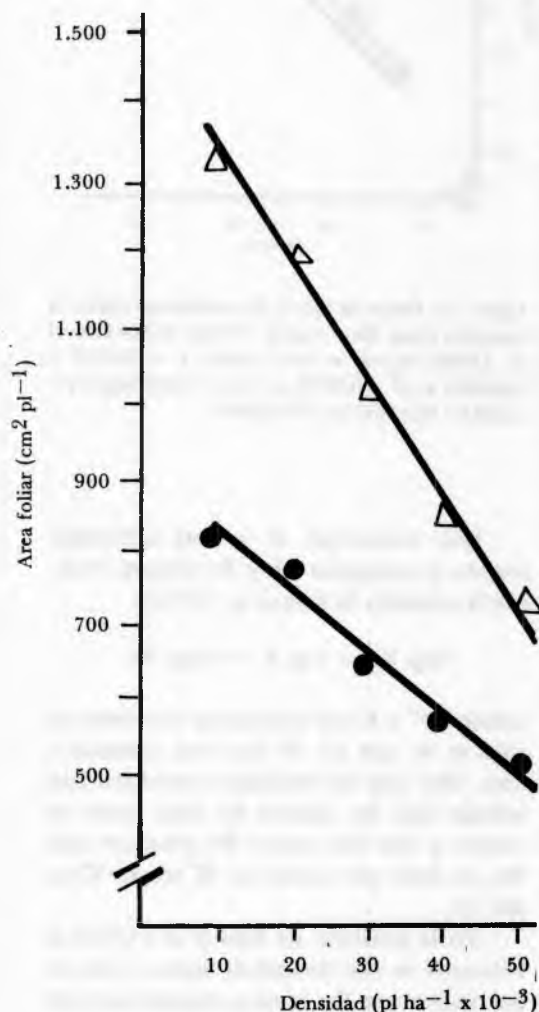


Figura 4: Evolución del área foliar por planta según aumenta la población. ●—● = ciclo corto, $y = 15,001 + (-0,00156) x$; $r^2 = 0,993$, y ▼—▼ = ciclo largo, $y = 9,213 + (-0,0037) x$; $r^2 = 0,981$.

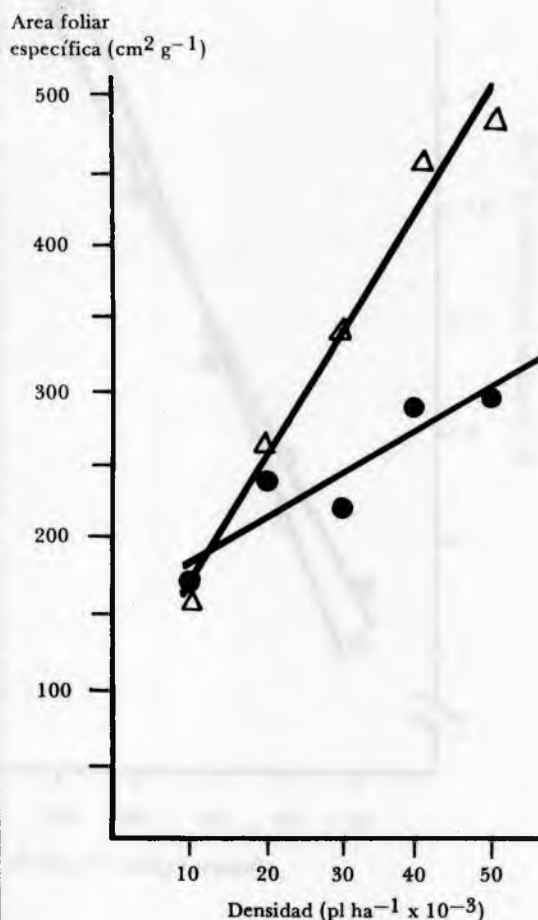


Figura 5: Evolución del área foliar específica según aumenta la población. ●—● = ciclo corto, $y = 155,4 + (2,92 \times 10^{-3}) x$; $r^2 = 0,849$, y ▼—▼ = ciclo largo, $y = 95,5 + (8,21 \times 10^{-3}) x$; $r^2 = 0,973$.

cepción luminosa, puede ser que a niveles de IAF mayores de 2 ó 3 sea muy importante la correlación entre fotosíntesis y espesor de hoja como contenedor de una mayor proporción de aparato fotosintético.

Con referencia al IAF, si bien se verifican importantes incrementos a medida que se aumenta la densidad (Figura 6), a densidades superiores se tiende a su estabilización. Las marcadas diferencias entre cultivares responden a las características propias de cada cultivar.

Los valores de IAF en el punto en que se alcanzan los máximos Re por unidad de superficie están próximos a dos para el cultivar de ciclo corto y de tres para el de ciclo largo (Figura 7). Esto marca una gran diferencia a favor del cultivar de ciclo corto ya que a una densidad de 30.000 plantas por

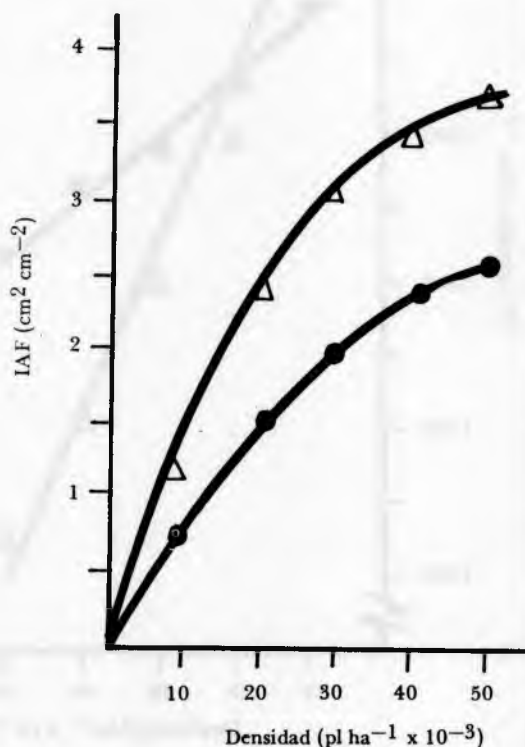


Figura 6: Índice de área foliar (IAF) en relación a la población. ● = ciclo corto, y △ = ciclo largo.

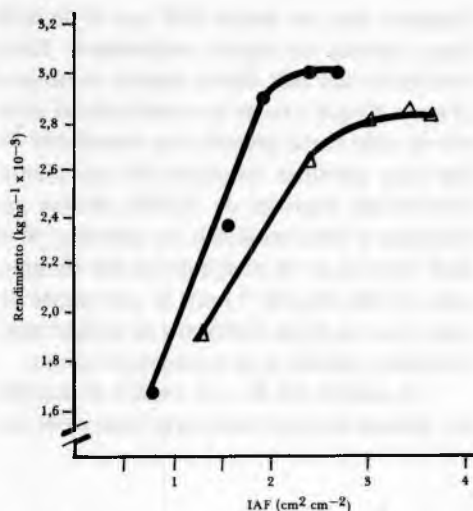


Figura 7: Evolución del rendimiento (Re) en relación al IAF. ● = ciclo corto, y △ = ciclo largo.

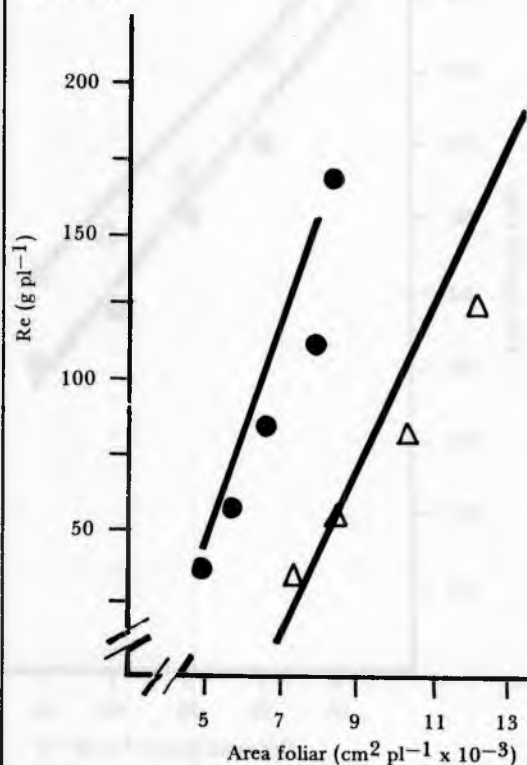


Figura 8: Rendimiento por planta en relación al área foliar. ● = ciclo corto; $y = -92,23 + (0,029)x$; $r^2 = 0,915$, y △ = ciclo largo, $y = -111,62 + (0,021)x$; $r^2 = 0,931$.

hectárea con un menor IAF que el de ciclo largo alcanza un mayor rendimiento. Estos resultados son más claros cuando se observa (Figura 8) que a todas las densidades el cultivar de ciclo corto necesita una menor área foliar para producir un mismo Re por planta. Densidades mayores de 30.000 plantas por hectárea si bien producen un aumento en el IAF, esto no se ve traducido en una disminución del Re (kg ha^{-1}) por lo que puede decirse que las hojas inferiores no actúan negativamente debido a un sombreado mutuo.

El análisis del Re por unidad de superficie destaca el mejor comportamiento del cul-

tivar de ciclo corto a bajas densidades. Si bien se destaca la capacidad del cultivar de ciclo largo sobre el de ciclo corto de lograr el máximo Re a una menor densidad, esta ventaja tiende a desaparecer con el aumento de densidad (Cuadro 2).

Este comportamiento cambiante y diferente de los cultivares puede ser explicado analizando los componentes del rendimiento peso y número de semillas. En efecto como se puede observar en las Figuras 9 y 10, tanto peso de 1.000 semillas como el número de

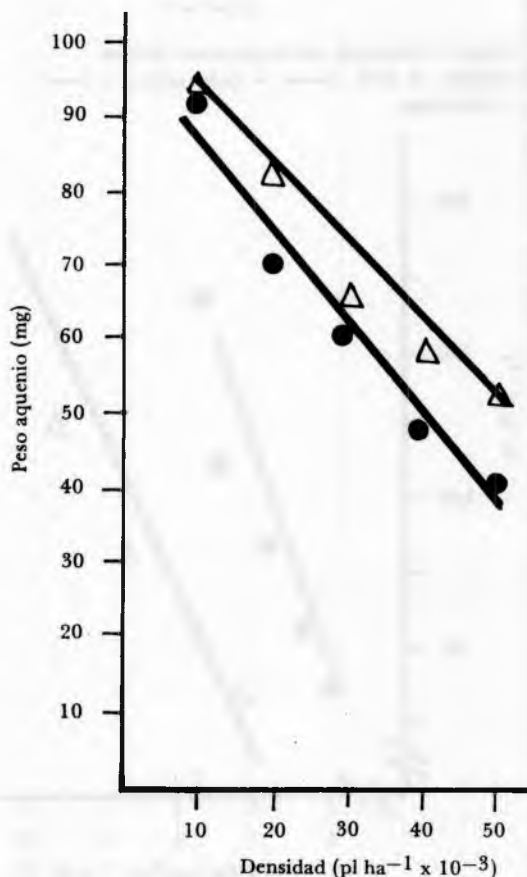


Figura 9: Peso de un achenio según aumenta la población. ●—● = ciclo corto; $y = 100,3 + (-1,232 \times 10^{-3}) x$; $r^2 = 0,964$, y ▼—▼ = ciclo largo; $y = 102,9 + (-1,056 \times 10^{-3}) x$; $r^2 = 0,961$.

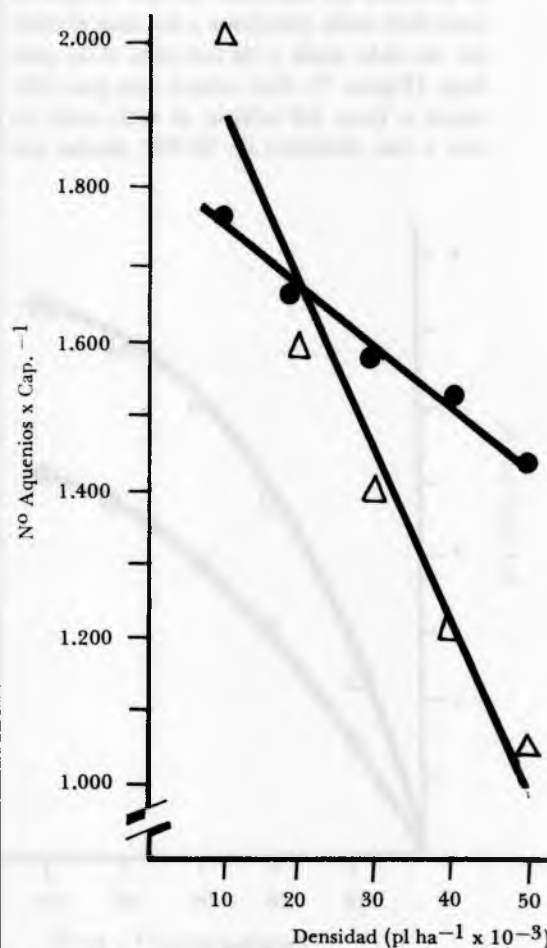


Figura 10: Número de achenios por capítulo según aumenta la población. ●—● = ciclo corto; $y = 1,847 + (-8,1 \times 10^{-3}) x$; $r^2 = 0,9888$, y ▼—▼ = ciclo largo; $y = 2,168 + (-0,0237 x)$; $r^2 = 0,948$.

semillas por planta de ambos cultivares disminuyen linealmente al aumentar la densidad. Estas disminuciones son compensadas con el aumento del número de plantas, lo que permite mantener un *Re* constante a partir de las 20-30 mil plantas por hectárea.

En el cultivar de ciclo corto el componente del rendimiento que más varía es el peso de 1.000 semillas que disminuye en un 54 por ciento al aumentar la densidad de 10 a 50 mil plantas por hectárea, mientras que el número de semillas lo hace sólo en un 20 por

ciento. En cambio, en el cultivar de ciclo largo ambos componentes del rendimiento disminuyen aproximadamente en la misma forma, un 44 y 49 por ciento respectivamente.

Así entonces, para ambos cultivares, el nivel mínimo de densidad necesario para obtener el máximo *Re* por unidad de superficie sería de 30.000 plantas por hectárea, donde el mayor rendimiento de las plantas de ciclo corto estaría explicado por un mayor número de semillas por capítulo que compensa el menor peso de la semilla.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Alessi, M., J. E. Powe and D. C. Simmerman, 1977. Sunflower yield and water use as influenced by planting date, population and row spacing. *Agron. J.* 69 (3): 465-469.
- 2) Arnon, I., 1972. Crop production in dry regions. Vol. I. London, Leonard Hill. pp. 650.
- 3) Cardinali, F. J., V. R. Pereyra, C. L. Farizo y G. A. Orioli, 1980. Densidad de siembra en girasol para el centro-sudeste de Buenos Aires. IX Simposio Nacional y VI Latinoamericano de Oleaginosas. Buenos Aires, Argentina.
- 4) Donald, C. M., 1963. Competition among pasture plants. *Adv. Agron.* 15: 1-118.
- 5) El Baradi, T. A., 1973. Sunflower. *Trop. Abstr.* 28. pp. 309.
- 6) Fery, R. L. and J. Janick, 1971. Response of corn (*Zea mays* L.) to population pressure. *Crop Sci.* 11: 220-224.
- 7) Harper, J. L., 1977. Population biology of plants. London. Academic Press. pp. 892.
- 8) Jessop, R. S., 1977. Influence of time of sowing and plant density on the yield and oil content of dryland sunflower. *Australian J. Agri. Sci. Anim. Husb.* 17 (87): 664-668.
- 9) Kira, T., H. Ogawa, K. Hozumi, H. Koyama and K. Yoda, 1956. Intraspecific competition among higher plants. V. Supplementary notes on the c-D effect. *J. Inst. Polytech. Osaka City University Ser. D.*, 7: 1-14.
- 10) Miller, J. F. and G. N. Fick, 1978. Influence of plant population on performance of sunflower hybrids. *Canadian J. Plant Sci.* 58 (3): 597-603.
- 11) Pereyra, V. R., J. Beltrano y G. A. Orioli, 1977. Densidad de siembra y producción en cultivos de girasol. IADO. III Reunión Nacional de Girasol. Buenos Aires, Argentina.
- 12) Pereyra, V. R., C. L. Farizo and F. J. Cardinali, 1982. Estimation of leaf area on sunflower plants. *Proceedings Tenth International Sunflower Conference*, Surfers Paradise, Australia, pp. 305.
- 13) Shinozaki, K. and T. Kira, 1956. Intraspecific competition among higher plants. VII. Logistic theory of the C-D effect. *J. Inst. Polytech. Osaka City University Ser. D.*, 7: 35-72.
- 14) Thompson, J. A. and K. G. Fenton, 1979. Influence of plant population on yield and yield components of irrigated sunflower in southern New South Wales. *Australian J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 19: 570-574.
- 15) Vijayalakshmi, K.; N. K. Snaghi; W. L. Pelton and C. H. Anderson, 1975. Effects of plant population and row spacing on sunflower agronomy. *Canadian J. Plant Sci.* 55: 491-499.